



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 38 03 064.0-24
22 Anmeldetag: 29. 1. 88
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 4. 89
45 Veröffentlichungstag
des geänderten Patents: 20. 4. 95

Patentschrift nach Einspruchsverfahren geändert

73 Patentinhaber:
Preussag Stahl AG, 31226 Peine, DE
74 Vertreter:
Gramm, W., Prof.Dipl.-Ing.; Lins, E., Dipl.-Phys. Dr.
jur., Pat.-Anwälte, 38122 Braunschweig

61 Zusatz in: P 38 43 732.5
72 Erfinder:
Freier, Klaus, Dr.-Ing. Dr., 38302 Wolfenbüttel, DE;
Zimnik, Walter, Dr.-Ing. Dr., 38302 Wolfenbüttel, DE
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-OS 32 34 574
EP 01 20 976 B1
EP 01 01 740 A1
DE-Z.: Blech, Rohre, Profile, 9/1977, S.341-346;

54 Kaltgewalztes Blech oder Band und Verfahren zu seiner Herstellung

DE 38 03 064 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bleches oder Bandes sowie ein zum Tiefziehen geeignetes Blech oder Band gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 3.

Zum Tiefziehen von rotationssymmetrischen Stahlteilen wird möglichst texturfrees kaltgewalztes Band oder Blech eingesetzt, damit ein quasiisotropes Umformen möglich und das gezogene Teil zipfelfrei ist. Damit ist gemeint, daß ein z. B. zylindrisch tiefgezogenes Teil keinen welligen Rand aufweist.

Eine vollkommene Zipfelfreiheit ist nur von isotropem Material ohne Steigerungen, ohne nichtmetallische Einschlüsse, ohne perlschnurartige Zementitausscheidungen und bei pan-cake-freiem Gefüge zu erwarten. Daher wird in der folgenden Beschreibung nur der Begriff "zipfelarmes" auch für nach dem Stand der Technik "zipfelfreies" Band verwendet.

In "Blech, Rohre, Profile" 9/1977, S. 341 — 346 wird detailliert die Ursache für die Zipfelbildung beschrieben und ein Maß für die relative Zipfelhöhe Z sowie die ebene Anisotropie Δr definiert. Ideal wären jeweils Ergebnisse mit dem Wert Null (zipfelfreies Material).

Der Wert für die ebene Anisotropie errechnet sich aus der Anisotropie r für unterschiedliches Ausdehnungsverhalten des Materials in Walzrichtung sowie unter 45 Grad und 90 Grad dazu. Für unterschiedliche Tiefzieheigenschaften sind verschiedene r -Werte einstellbar.

Für die in der Veröffentlichung erwähnten Stähle läßt sich zipfelfreies Material nur durch Normalglühen des kaltgewalzten Bandes in einer Durchlaufglühe bei etwa 1000°C erreichen, wobei das Blech im Endzustand eine Korngröße ASTM 8 bei einer relativen Zipfelhöhe von ca. 0,3 bis 0,4% und Δr ca. $\pm 0,1$ erreichen.

Für nicht normalisierend geglühtes Band sei nur ein zipfelarmer Zustand durch Kompromisse in der Verfahrensführung bei der Blechherstellung zu erreichen. Dabei sollen die Walzendtemperaturen bei ca. 750°C und die Kaltwalzgrade entweder unter 25% oder über 80% liegen; auch soll mit für die Zipfeligkeit als ungünstig bezeichneten Rekristallisationstemperaturen von über 600°C gearbeitet werden.

Beschrieben wird weiterhin, daß ein Normalisieren nicht im Bund, sondern nur in einer Durchlaufglühe erfolgen kann, weil bei den hohen Temperaturen die Bänder zusammenkleben würden.

Aus der DE-OS 32 34 574 ist ein gattungsgemäßes zum Tiefziehen geeignetes kaltgewalztes Stahlblech oder Stahlband bekannt. Der Titangehalt soll, in Abhängigkeit der Gehalte an Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, auf Werte bis 0,15% steigen können, die Haspeltemperatur über 700°C oder mindestens jedoch 580°C mit anschließender Warmband-Erwärmung auf über 700°C betragen. Weiterhin wird ein Kaltwalzgrad von 70 bis 85% sowie ein Durchlaufglühen bei 700 bis 900°C mit maximal zwei Minuten Haltezeit empfohlen. Hinweise zur Zipfelbildung des Materials werden nicht gegeben.

Aus der EP-A1-1 01 740 wird für einen gattungsgemäßen kaltgewalzten Stahl eine Brammenerwärmungstemperatur kleiner als 1100°C, eine Walzendtemperatur von unter A_{r3} , Haspeltemperaturen von 320 bis 600°C und Kaltwalzgrade von 50 bis 95% sowie rekristallisierendes Durchlaufglühen empfohlen. Erzielt werden sollen hohe mittlere r -Werte oberhalb 1,2. Hinweise auf die Zipfeligkeit des Materials sind nicht offenbart.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung tiefziehgeeigneter Stähle mit Brammenglühtemperatur kleiner 1100°C, Endwalztemperatur max. 780°C und Haspeltemperaturen von mindestens 450°C sowie Kaltbandglühen im Hauben- oder Durchlaufglühofen sind in der EP-B1-1 20 976 offenbart. Das Verfahren soll r -Werte um 2 erzielen; Werte für die Zipfelbildung sind nicht offenbart.

Es ist allgemein bekannt, daß Warmband eine gute quasiisotrope Umformbarkeit besitzt, jedoch eine nicht ausreichende Oberflächengüte und zu große Toleranzen aufweist und zudem nicht in Dicken unter 1,2 mm hergestellt wird.

Von daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein zipfelfreies oder zumindest zipfelarmes tiefziehgeeignetes Blech aus Stahl und ein entsprechendes Herstellverfahren vorzuschlagen, bei dem auf das Durchlaufglühen verzichtet, aber trotzdem kostengünstig produziert werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 3 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen erfaßt.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß bei Anwendung der erfindungsgemäßen Brammen-, Glüh-, Walz- und Haspeltemperaturen für den genannten Stahl ein rekristallisierendes Glühen eines Bundes im Haubenofen ausreicht, um dem Stahlband oder dem konfektionierten Stahlblech hervorragende Tiefzieheigenschaften, insbesondere eine extreme Zipfelarmut, zu geben.

Die üblicherweise beim Stand der Technik für den Stahl St 4 Nz oder RSt 14 durch Normalisieren erreichten Werte der Korngröße von bestenfalls ASTM 8, entsprechend 490 μm^2 , können durch das erfindungsgemäße Verfahren durch rekristallisierendes Glühen unterschritten werden, wobei zusätzlich niedrige Streckgrenzenwerte beibehalten werden können durch Wahl entsprechender Kaltwalzgrade in Abhängigkeit vom Titangehalt. Dies ergibt den Vorteil, daß auf hohe Investitionen für eine Durchlaufglühe verzichtet werden kann.

Durch Variation der Zulegierung von Titan in den angegebenen Grenzen läßt sich praktisch jeder gewünschte Kaltwalzgrad für die Erzeugung zipfelfreien Materials einstellen und/oder genauso ebenfalls eine Streckgrenze zwischen 175 und 450 N/mm² bei Zugfestigkeiten von 310 bis 520 N/mm².

Eine der Ursachen für die günstigen Eigenschaften des erzeugten Bleches ist in der frühzeitigen Bildung von Titanitrid zu sehen, so daß ein pan-cake-Gefüge während des rekristallisierenden Glühens durch die Aluminium-Nitrid-Ausscheidungen nicht entstehen kann.

Durch die Wahl niedriger Haspeltemperaturen um 520°C wurden überraschend Warmbandqualitäten erzielt, die nach dem Kaltwalzen ein zipfelfreies Material gewährleisteten und eine zusätzliche Kornverfeinerung ermöglicht.

Ein besonderer Vorteil des so hergestellten Warmbandes liegt darin, daß im Grundsatz keinerlei Restriktion hinsichtlich des anschließenden Kaltwalzens besteht, sofern der Kaltwalzgrad mindestens ca. 5% beträgt, d. h.

oberhalb der bekannten kritischen schwachen Kaltverformung bleibt, die beim Rekristallisationsglühen zu grobem Korn führt. Bisher war man bei der Erzeugung annähernd zipfelfreien Kaltbandes an bestimmte Kaltwalzgrade gebunden, sofern nicht normalisiert werden sollte.

Eine gravierende technische und wirtschaftliche Bedeutung der Erfindung liegt in der Verwendung des Feinbleches für rotationssymmetrisch tiefgezogene Teile, wie Nadellagerkäfige, Riemenscheibenhälften usw. Das erfindungsgemäße Blech kann in diesen Fällen ohne wesentliche Nacharbeit, wie Abschneiden der Zipfel, eingesetzt werden. Die Zipfelarmut verhindert beim Tiefziehen auch das Entstehen sektoraler Wandschwächungen, so daß die gezogenen Teile bei Rotation keine Unwucht aufweisen. Weitere Vorteile zipfelarmen oder zipfelfreien Kaltbandes sind bekannt, so daß sich eine weitere Beschreibung erübrigt.

Einige Ausführungsbeispiele sollen das Ergebnis des erfindungsgemäßen Verfahrens verdeutlichen.

Aus den erfindungsgemäßen Schmelzen A—D sowie dem Vergleichsschmelzen E—F (Tabelle 1) werden Brammen von 210 mm Dicke im Strang vergossen. Nach Erwärmung im Stoßofen auf 1250°C wurde die Bramme zu Warmband von 3 mm Dicke ausgewalzt, gehaspelt und auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Walzendtemperaturen und Haspeltemperaturen zeigt Tabelle 2. Nach dem Beizen wurden Bänder durch Kaltwalzen in unterschiedlichen Stufen von 10% bis zu 80% auf Feinblechdicke reduziert und erneut gehaspelt. Das Band wurde im Haubenglühofen auf 700°C erwärmt, mit einem Durchsatz von 1,1 t/h bis 1,9 t/h rekristallisierend geglüht und anschließend im Ofen auf 120°C abgekühlt. Nach dem Dressieren mit Umformgraden von 1 bis 1,2% wurde das Band zu Blechtafeln konfektioniert.

Blechrollen von 90 bzw. 180 mm Durchmesser wurden mit Ziehstempeln von 50 bzw. 100 mm Durchmesser bei Haltekraften von 50 kN zu Näpfchen tiefgezogen.

Fig. 1 zeigt drei verschiedene Näpfchen, die die im folgenden verwendeten Begriffe zipfelig (Fig. 1a), zipfelarm (Fig. 1b) und zipfelfrei (Fig. 1c) definieren sollen, da die Messung der Zipfelhöhe mit den handelsüblichen Zipfelmeßgeräten, insbesondere von zipfelarmen und zipfelfreien Näpfchen mit geringen Höhendifferenzen bereits bei kleinsten Tiefziehgraden auf dem Näpfchenrand problematisch ist.

Diese Definition wurde für Fig. 10 zur Darstellung der Zipfeligkeit von Näpfchen aus den verschiedenen Schmelzen übernommen. Bestätigt wurde die Erkenntnis, daß der bei 710°C gehaspelte Stahl E nur bei Kaltwalzgraden kleiner ca. 25% zipfelfrei ist und im Bereich 30 bis 50% Kaltwalzgrad allenfalls als zipfelarm bezeichnet werden kann. Für den Vergleichsstahl F der gemäß Stand der Technik bei 500°C gehaspelt wurde, wurde Zipfeligkeit bei Kaltwalzgraden größer 30% festgestellt.

Die Fotos in den Fig. 8 und 9 belegen dies eindrucksvoll.

Bei Verwendung der erfindungsgemäß gewalzten und geglühten Stähle A bis D zeigten die Näpfchen in Abhängigkeit vom Titangehalt bei verschiedenen Kaltwalzgraden ein unterschiedliches Tiefziehergebnis:

Stahl A mit 0,01% Titan:

Die Näpfchen waren bei Kaltwalzgraden von Epsilon = 30 bis 50% absolut zipfelfrei, während Kaltwalzgrade von 20% bzw. 60% nur zipfelarmes Näpfchen-Ziehen ermöglichte.

Stahl B mit 0,02% Titan:

Zipfelfrei bei Epsilon = 10% sowie 50 bis 80%

Zipfelarm bei Epsilon = 20%; 40%

Stähle C1/C2 mit 0,03% Ti, wobei C1 mit 500°C und C2 mit 450°C gehaspelt wurde:

Zipfelfrei bei Epsilon = 10 bis 20% sowie 60 bis 80%

Zipfelarm bei Epsilon = 30%; 50%

Stahl D mit 0,04% Titan:

Zipfelfrei bei Epsilon = 60 bis 70% bzw. 20%

Zipfelarm bei Epsilon = 15%, 25%; 55%; 80%

Aus dem Vergleich der Kurven für die Stähle A bis D lassen sich Tendenzen ablesen, die für Zwischenwerte des Legierungselementes Titan, beispielsweise 0,025% Ti — ausgehend von Stahl B — zipfelfreies Näpfchenziehen bei Kaltwalzgraden bis 15% oder 20% und bis 85% erwarten lassen, also eine Kurvenverschiebung nach rechts; bei Werten zwischen 0,01% und 0,02% umgekehrt eine Verschiebung der "zipfelfreien" Kaltwalzgrade zu niedrigeren Umformverhältnissen nahelegen.

Die zu den Stählen gemäß Fig. 10 und Tabelle 2 korrespondierenden Fotos der Fig. 3 bis 7 von tiefgezogenen Näpfchen veranschaulichen das Ergebnis deutlich.

Überraschend zeigte sich, daß den "zipfelfreien" Umformgraden jeweils ein bestimmtes Zugfestigkeits- und Streckgrenzeniveau zugeordnet werden konnte (Fig. 11) und die größte Zipfeligkeit gleichzeitig bei der niedrigsten Streckgrenze/Zugfestigkeit festzustellen war.

Beispiel: Stahl B

a) Zipfelfreiheit beim Kaltwalzgrad 10 bis 15% \approx

Streckgrenzeniveau $R_{p0.2} = 400$ bis 350 N/mm²

Zugfestigkeitsniveau $R_m = 450$ bis 400 N/mm²

b) Zipfeligkeit beim Kaltwalzgrad 30% \approx

$R_{p0.2} = 180$ N/mm² und $R_m = 320$ N/mm²

c) Zipfelfreiheit beim Kaltwalzgrad 50 bis 80% \approx

$R_p 0,2 = 250$ bis 280 N/mm^2 und $R_m = 360$ bis 370 N/mm^2

Diese Erkenntnis ermöglicht eine bauteil- oder funktionsangepaßte Wahl der Festigkeit für ein und dasselbe Bauteil durch Änderung der Parameter Titangehalt und Kaltwalzgrad.

Tabelle 2 zeigt korrespondierend zu Fig. 12 die erfindungsgemäß erzielte Korngröße in ASTM-Einheiten; die erzielbare Kornverfeinerung gegenüber Stählen ohne Titanzusatz nach dem Stand der Technik ist erheblich und reicht bis ASTM 11.

Das größte Korn wurde bei geringem Ti-Zusatz und geringem Kaltwalzgrad erzielt (ASTM 7). Vergleichsweise wurden bei den Stählen A bis D die Warmband-Werte für die Korngröße (ASTM 9 bis 10) in die Fig. 12 aufgenommen.

Für einen Stahl C (Varianten C3 bis C5) wurden Versuche mit variabler Haspeltemperatur T_h und Glühdurchsatz P_g durchgeführt (Tabelle 3). Während Schwankungen in der Durchsatzmenge des Haubenglühofens von 1,1 bis 1,9 t/h sowohl die Korngröße als auch die ebene Anisotropie Δr nicht negativ beeinflussten, hatte eine Erhöhung der Haspeltemperaturen auf 710°C bei annähernd gleichen Walzendtemperaturen eine Kornvergrößerung und eine Verschlechterung der ebenen Anisotropie zur Folge.

Die Fig. 2a, 2b, 2c zeigen entsprechende Ergebnisse an Näpfchen aus 180 mm-Ronden, die mit 100 mm-Stempeln bei 50 kN Rückhaltekraft tiefgezogen wurden.

Tabelle 1

Schmelzanalyse (Werte in Gewichtsprozenten)

Stahl	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Bemerkungen
A	0,046	0,02	0,17	0,009	0,011	0,022	0,0025	0,01	
B	0,044	0,025	0,25	0,013	0,005	0,054	0,0032	0,02	
C	0,048	0,03	0,24	0,014	0,006	0,051	0,0034	0,03	
D	0,03	0,03	0,20	0,012	0,005	0,078	0,0050	0,04	
E	0,04	0,02	0,25	0,020	0,015	0,061	0,0033	—	Vergleich
F	0,04	0,03	0,25	0,008	0,007	0,065	0,0047	—	Vergleich

Tabelle 2

Stahl	T_w °C	T_h °C	K_{ASTM} min/max	Figur
A	860	490	10/7	3
B	870	500	11/9	4
C1	870	500	11/9	5
C2	880	450	11/9	6
D	890	430	11/9	7
E	900	710	9/4	8
F	890	500	9/6	9

Tabelle 3

Stahl	T_w °C	T_h °C	P_g t/h	K_{ASTM}	Δr min/max	Figur
C3	880	520	1,1	9-10	-0,07/+0,06	2 a
C4	915	540	1,9	9-10	-0,04/+0,08	2 b
C5	870	710	1,9	8-9	+0,09/+0,17	2 c

In Tabelle 2 und 3 bedeuten

T_w Walzendtemperatur
 T_h Haspeltemperatur
 K Korngröße nach ASTM
 P_g Glühdurchsatz
 Δr ebene Anisotropie

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten Bleches oder Bandes mit guter Umformbarkeit aus Stahl, mit folgender Zusammensetzung in Gewichtsprozenten:

0,02 bis 0,06% Kohlenstoff
 vorzugsweise 0,03 — 0,048% Kohlenstoff,
 0,01 bis 0,40% Silizium,
 0,10 bis 0,80% Mangan,
 0,005 bis 0,08% Phosphor,
 0,005 bis 0,02% Schwefel,
 max. 0,009% Stickstoff,
 0,015 bis 0,08% Aluminium,
 0,01 bis 0,04% Titan,

max. 0,15% von einem oder mehreren der Elemente Kupfer, Vanadium, Nickel,
 Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen,

bei der die Bramme auf oberhalb 1120°C erwärmt und zu Warmband bei einer Walzendtemperatur oberhalb des A_1 -Punktes ausgewalzt und das Band bei $520 \pm 100^\circ\text{C}$ gehaspelt, anschließend kaltgewalzt und nach dem Kaltwalzen rekristallisierend im Bund gegläut wird, wobei die Kaltwalzung in Abhängigkeit vom Titangehalt mit nachstehenden Umformgraden (Epsilon) erfolgt:

ca. 0,01% Titan:
 Epsilon 20 bis 60%,
 vorzugsweise 30 bis 50%

ca. 0,02% Titan:
 Epsilon 10 bis 15% oder
 Epsilon 40 bis 85%,
 vorzugsweise 50 bis 80%

ca. 0,03% Titan:
 Epsilon 5 bis 25%,
 vorzugsweise 10 bis 20% oder
 Epsilon 50 bis 85%,
 vorzugsweise 60 bis 80%

ca. 0,04% Titan:
 Epsilon 15 bis 25%,
 vorzugsweise 20% oder
 Epsilon 55 bis 80%,
 vorzugsweise 60 bis 70%.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem bei Temperaturen unterhalb A_1 rekristallisierend gegläut und danach mit einem Umformgrad von ca. 1% dressiert wird.

3. Zum Tiefziehen geeignetes Blech oder Band aus Stahl in der gegebenen Zusammensetzung und hergestellt nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2 oder einer Ferritkorngröße feiner als ASTM 7 für einen Titangehalt von ca. 0,01% und feiner als ASTM 9 für Titangehalte von 0,015 bis 0,04%.

4. Zum Tiefziehen geeignetes Blech oder Band gemäß Anspruch 3, bei dem der Titangehalt mindestens dem 3,5fachen des Stickstoffgehaltes entspricht.
- 4 5. Verwendung eines gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 hergestellten Bleches oder Bandes für das zipfelarme Tiefziehen, vorzugsweise von rotationssymmetrischen Teilen.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

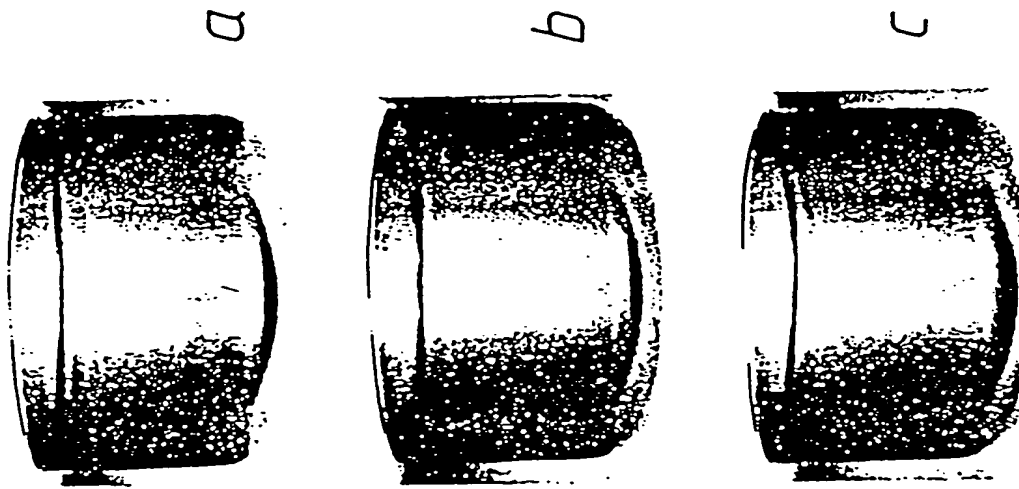


Fig. 2

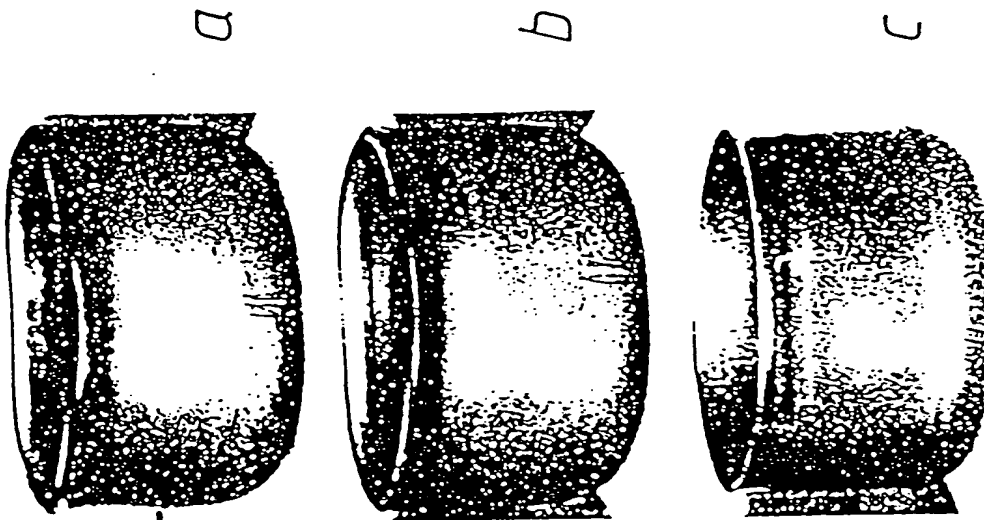


Fig. 1

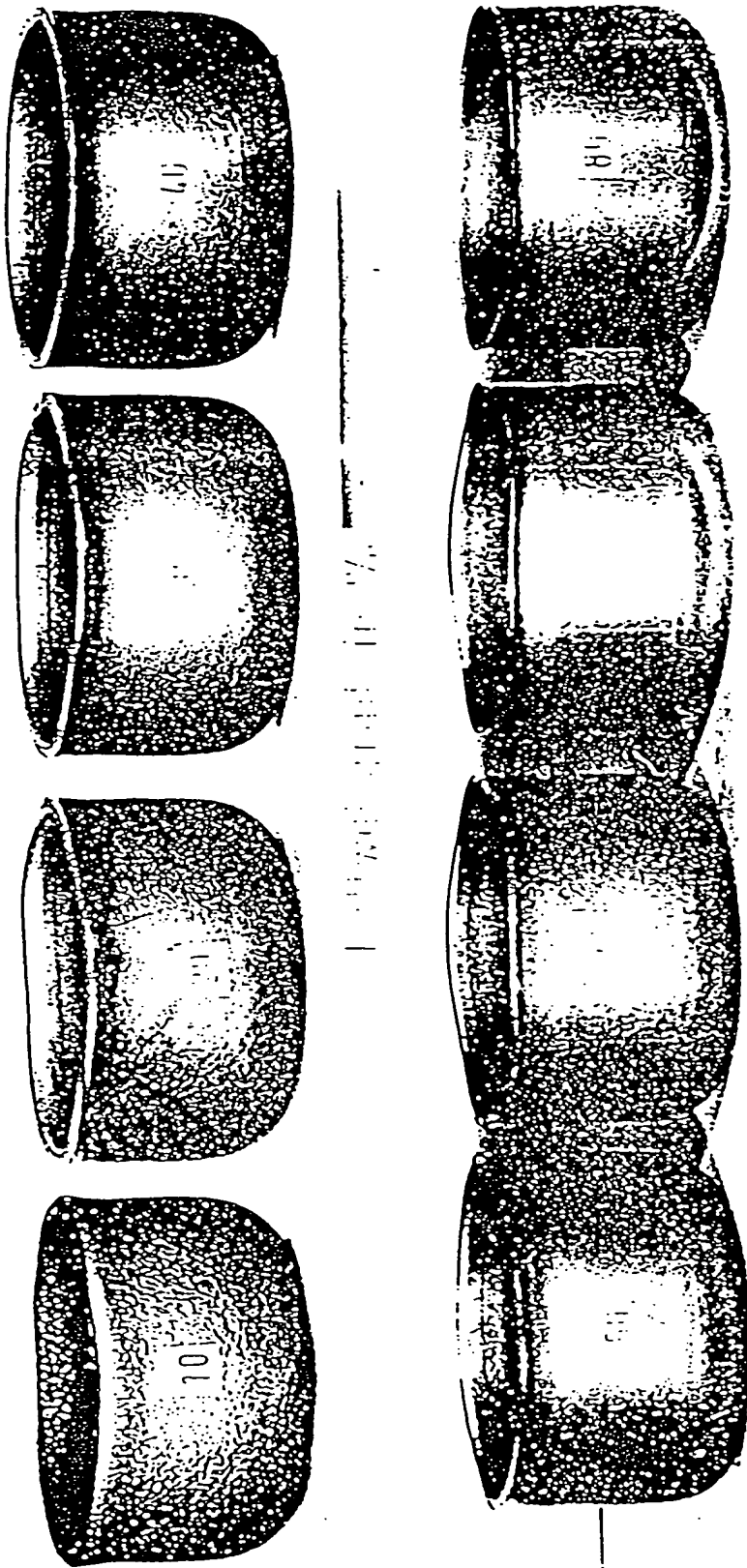
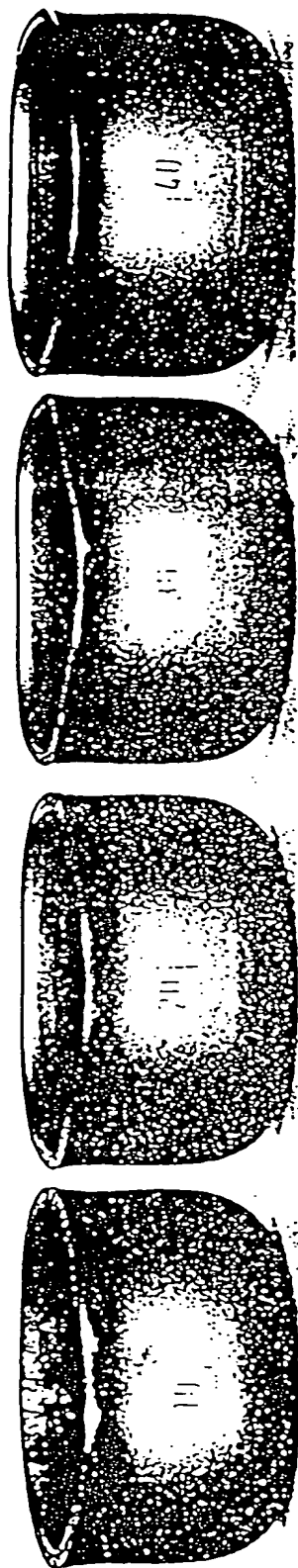
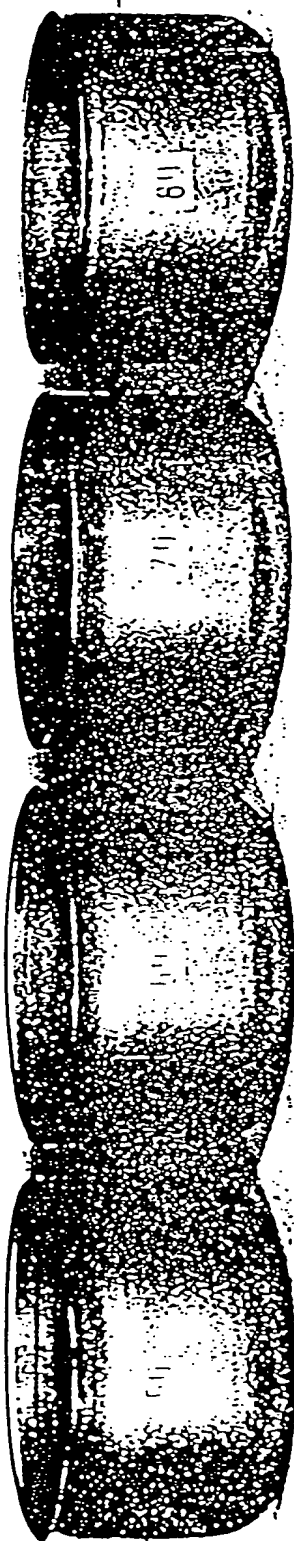


Fig. 3

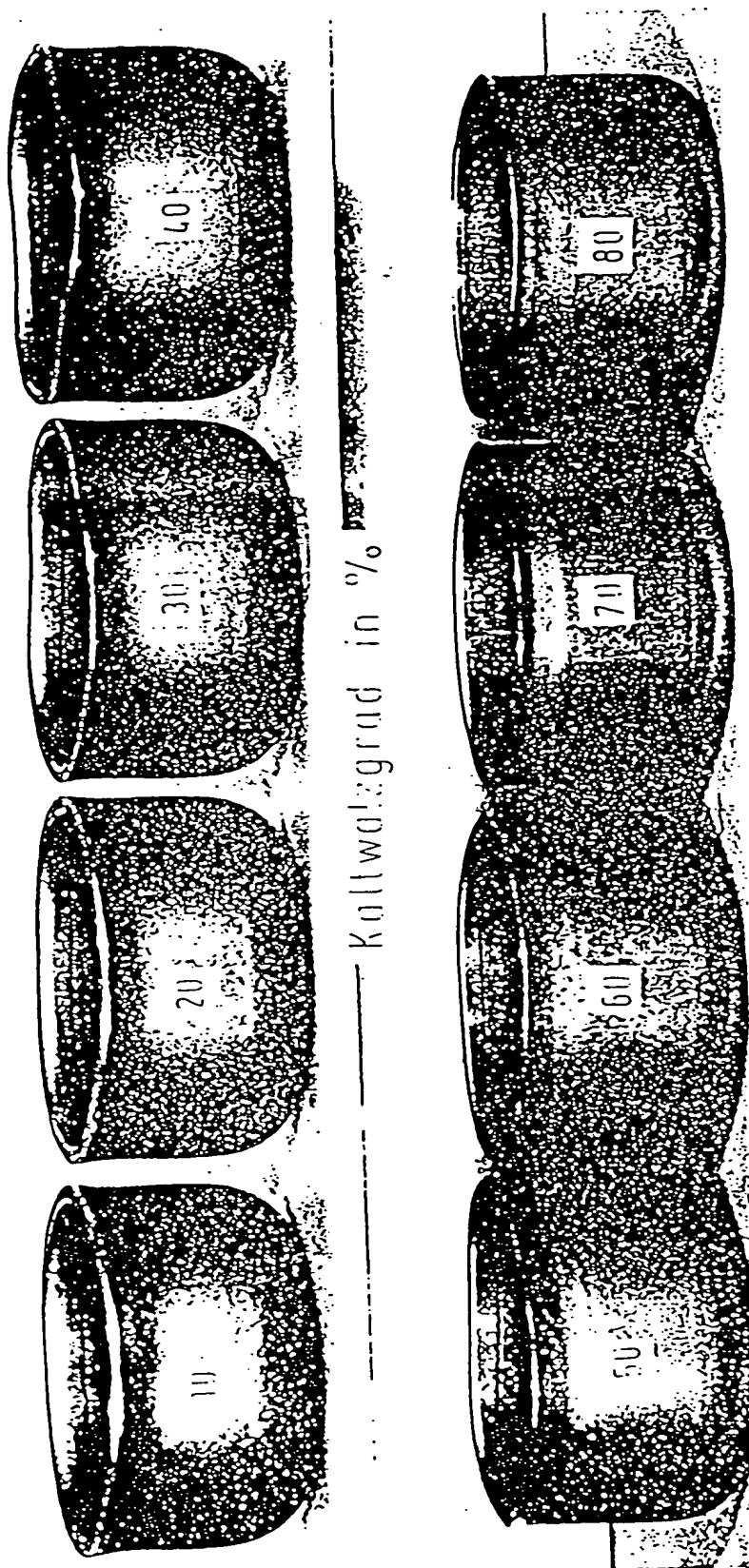


Kulivn grad 11: 1/10



Kulivn grad 11: 1/10

Fig. 4



Kaltwalzgrad in %

Fig. 5

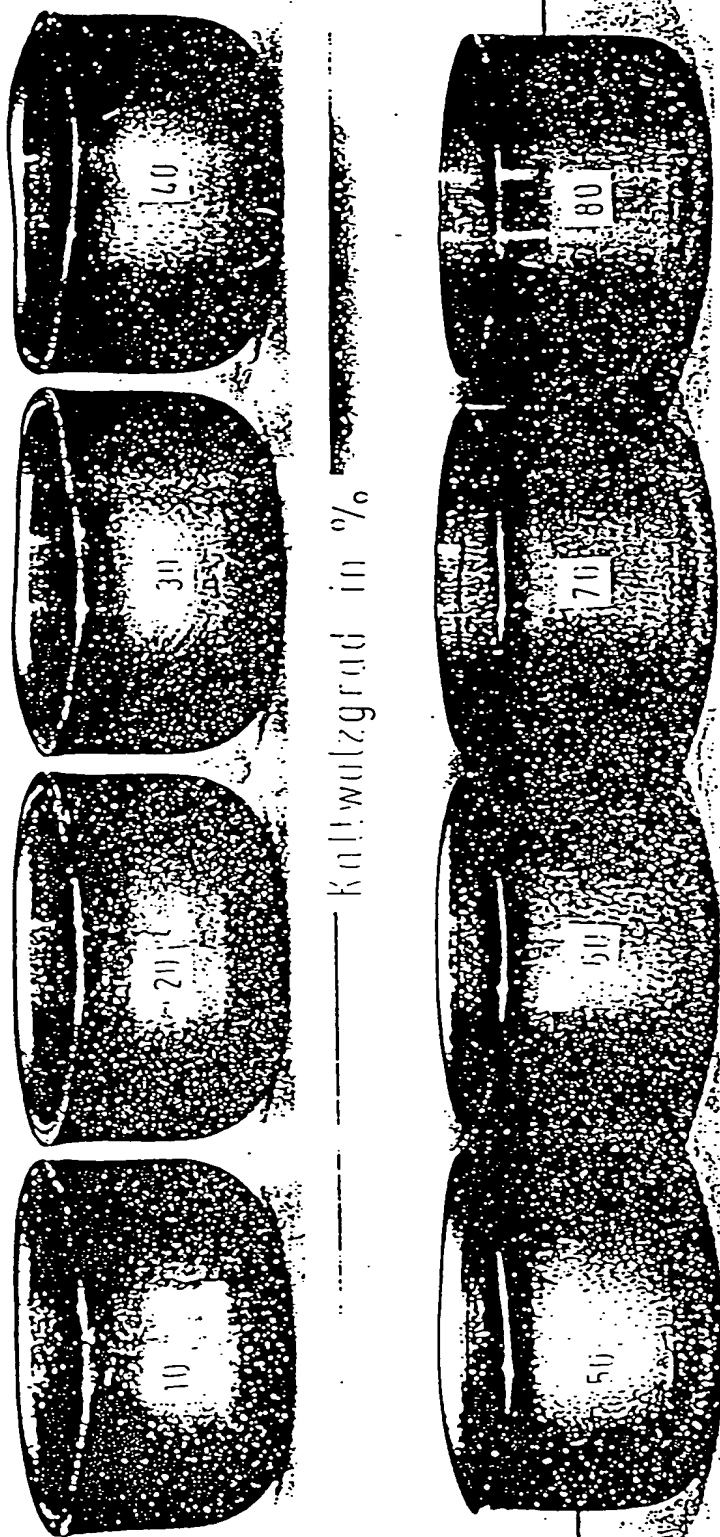


Fig. 6

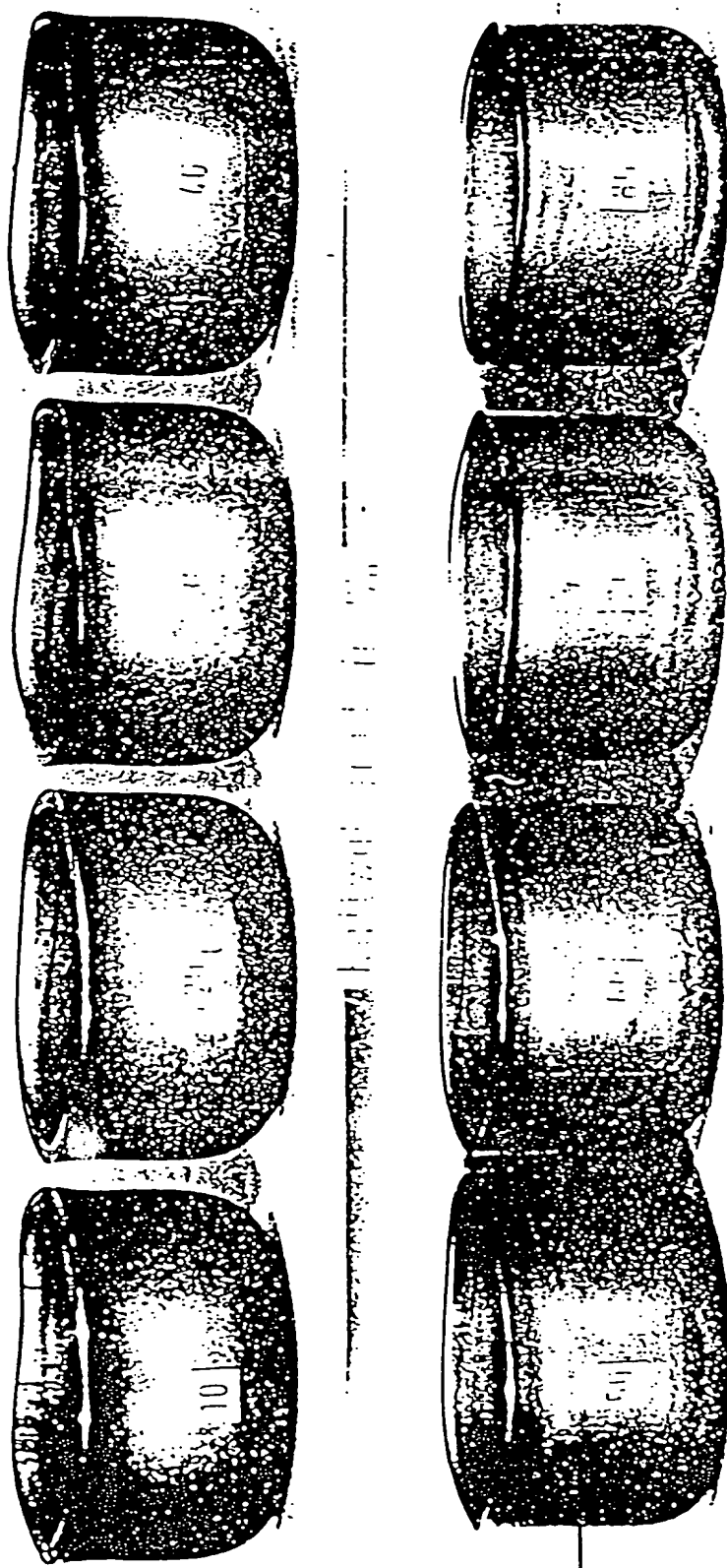


Fig. 7

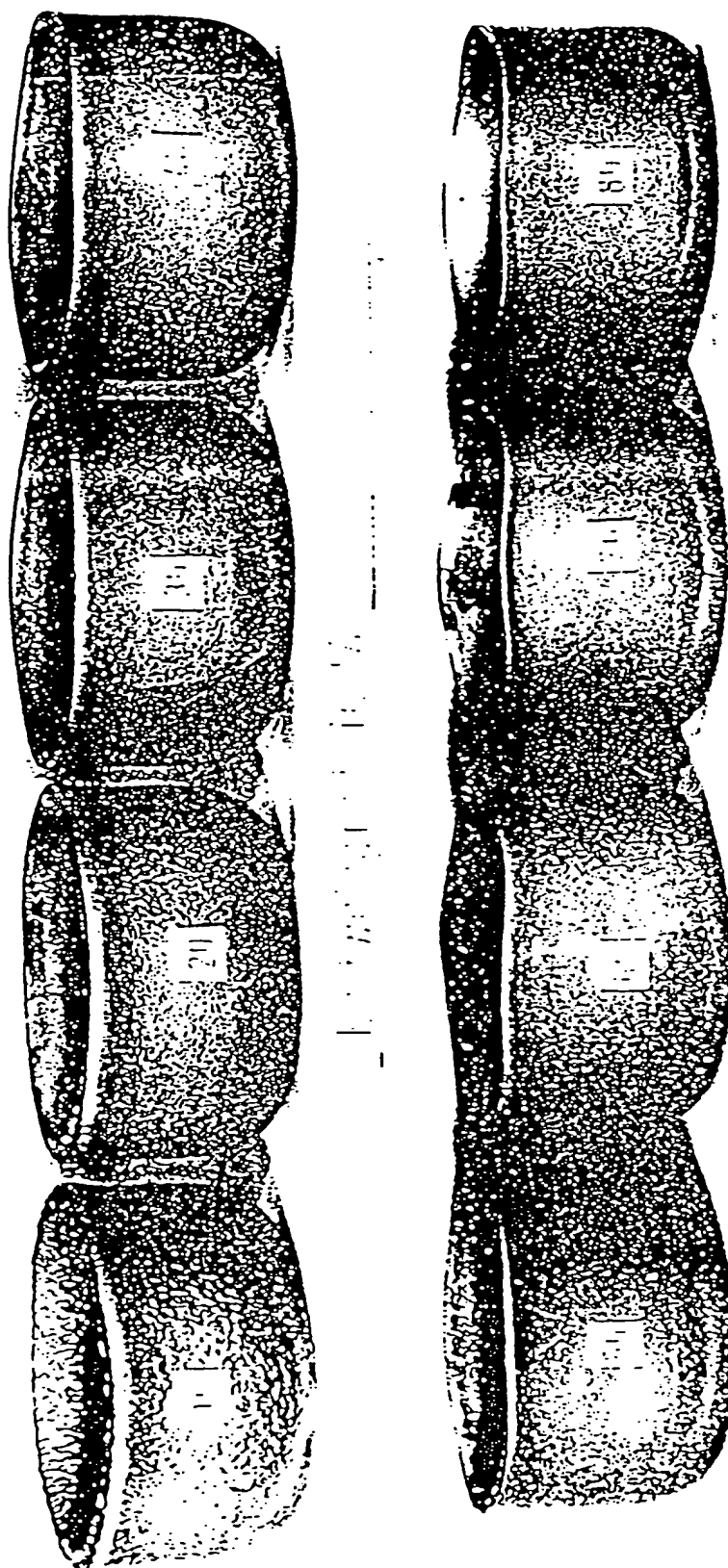


Fig. 8

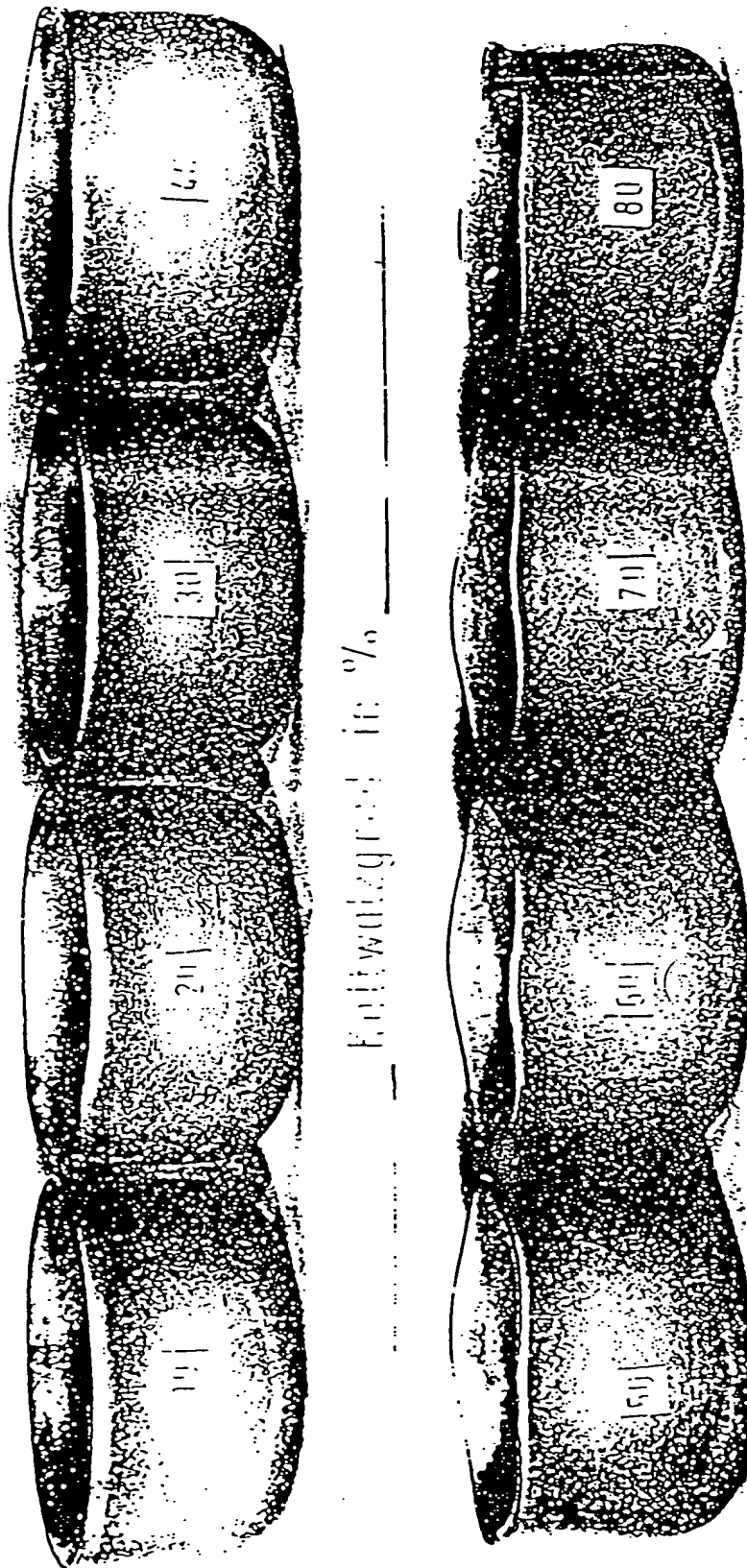
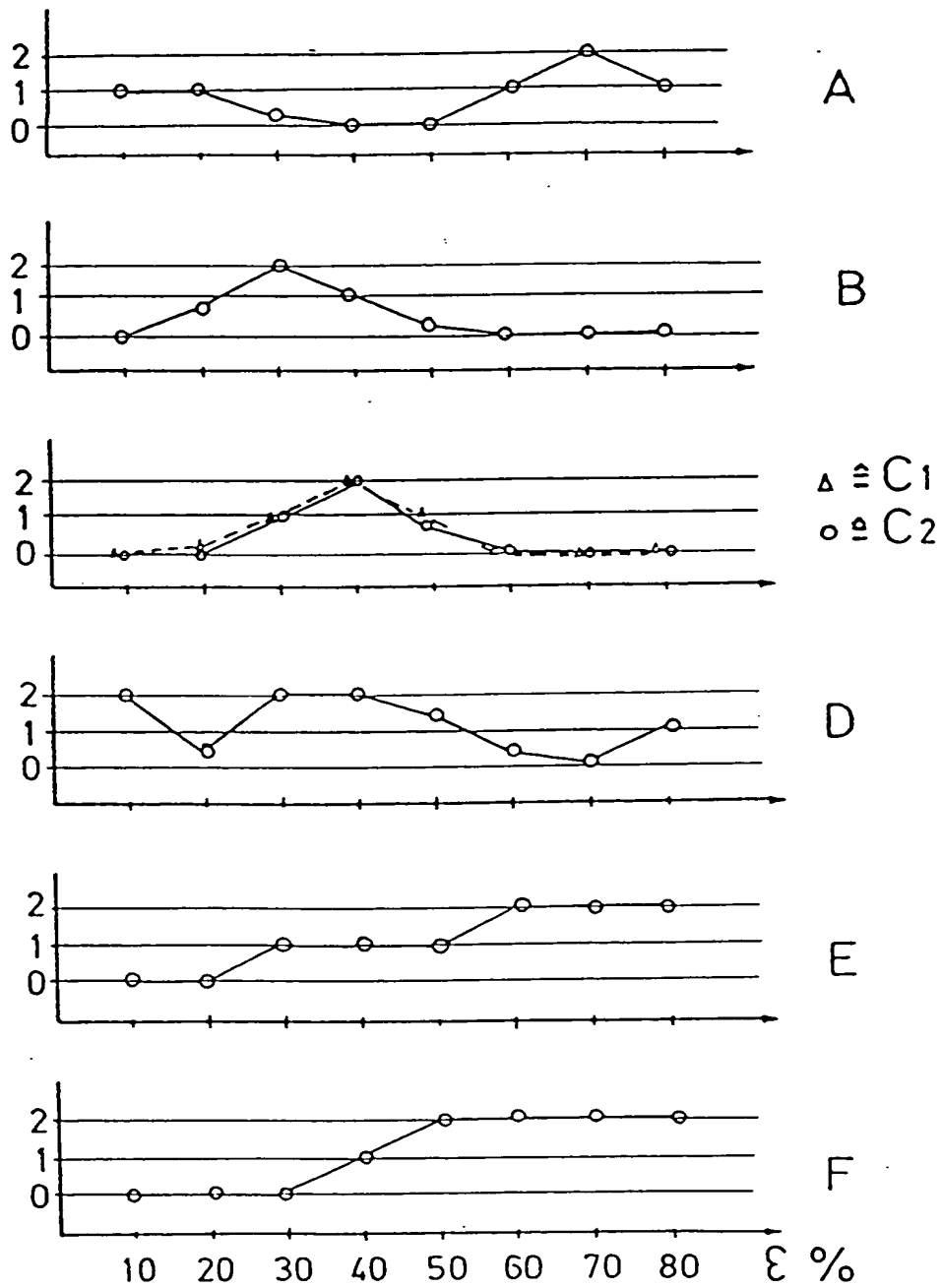


Fig. 9

Fig. 10

Legierung



0 $\hat{=}$ zipfelfrei, 1 $\hat{=}$ zipfelarm, 2 $\hat{=}$ zipfelig

Fig. 11

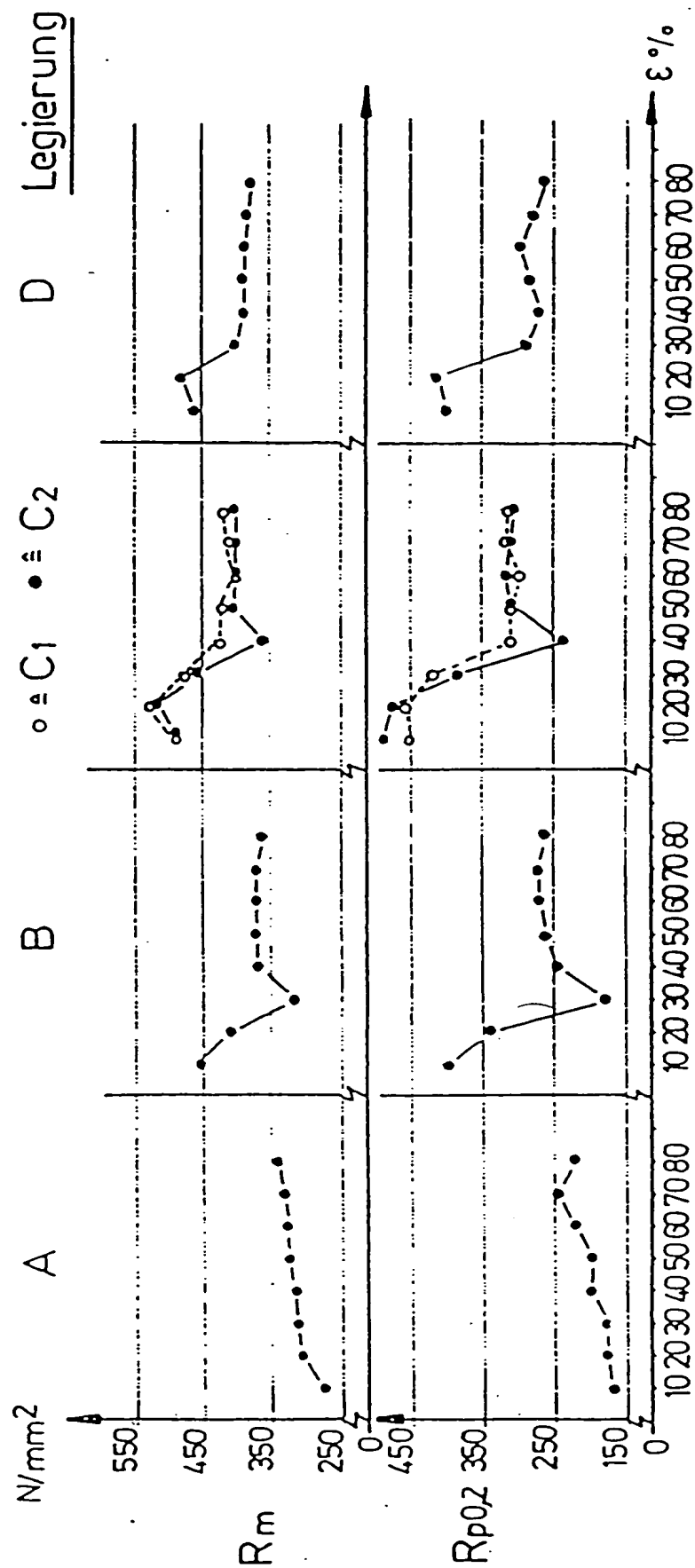


Fig. 12

